

# Cognitieve veroudering wordt meer beïnvloed door 'biological life events' dan door fysiologische veroudering

Citation for published version (APA):

Houx, P. J., Jolles, J., & Vreeling, F. W. (1990). Cognitieve veroudering wordt meer beïnvloed door 'biological life events' dan door fysiologische veroudering. In *Ouder worden nu 1990* (pp. 270-278). Versluys.

## Document status and date:

Published: 01/01/1990

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# **Cognitieve veroudering wordt meer beïnvloed door 'biological life events' dan door fysiologische veroudering**

P. J. Houx, J. Jolles en F.W. Vreeling

## **Inleiding**

Het is een gegeven dat vele cognitieve functies achteruitgaan met het ouder worden in het bijzonder na het zestigste jaar (1,2). Ouderen presteren slecht bij het verwerken van nieuwe informatie, het plannen van activiteiten en geheugentaken (3). Volgens de handboeken zou een verminderde prestatie op taken met betrekking tot actief herinneren al plaats vinden gedurende de middelbare leeftijd, terwijl passief herkennen van informatie pas minder wordt in het senium (4). Tot nog toe wordt aangenomen dat fysiologische (c.q. hersen)veroudering debet is aan deze veranderingen met de leeftijd. Echter, in recent onderzoek zijn aanwijzingen verkregen dat andere functies veel grotere invloed kunnen hebben op de prestatieverandering dan de leeftijd als zodanig. Haxby (5) liet als eerste zien dat oudere personen die een rigoreuze gezondheidscreening hebben ondergaan nauwelijks verschillen van jongere op tests voor visueel geheugen.

De bevindingen van Haxby zijn bevestigd in het onderzoek van Houx en Jolles met rigoreus op gezondheid gescreende personen van 20 tot 80 jaar: er is veel minder leeftijd-gerelateerde prestatie-vermindering op tests voor auditief-verbaal geheugen, op diverse informatieverwerkingstaken en klinische tests (6-8). De onderzoeken van Haxby en van Houx en Jolles suggereren dat vrijwel alle tot nu toe gepubliceerd onderzoek naar cognitieve veroudering gebruik heeft gemaakt van personen die niet uitvoerig genoeg zijn gescreend op gezondheid. De gangbare methode voor de selectie van proefpersonen voor cognitief verouderingsonderzoek behelst een interview waarin gevraagd wordt naar gezondheid. Zo vroegen Salthouse en Mitchell hun proefpersonen om hun eigen gezondheid op een 5-punts schaal te beoordelen: 98% zei te verkeren in meer dan gemiddelde gezondheid en werd daarom als normaal en gezond beschouwd (9). Ook in een volledige survey over alle artikelen in 'Psychology and Aging' in 1989 (Vol. 4.) bleek dat geen van de artikelen die rapporteerden over experimenteel verouderingsonderzoek méér deed dan alleen vragen aan de potentiële proefpersoon of deze in lichamelijke en geestelijke was. Volgens deze procedure worden alleen personen met een evidente lichamelijke en geestelijke ziekte eruit gehaald, alsmede personen met klachten over cognitief functioneren al dan niet in relatie met een hersenfunctiestoornis.

Haxby, alsmede Houx en Jolles toonden aan dat er veel subtiele factoren zijn waarvan de invloed op het cognitief functioneren tot nog toe onbewezen, onbekend of controversieel is, en die, gezien het effect van rigoreuze gezondheidscreening, een belangrijker invloed hebben dan de fysiologische veroudering als zodanig.(6-8) In het genoemd onderzoek bleek dat ook factoren die in

een ver verleden aanwezig waren geweest zonder cognitieve effecten of restefecten relevant waren. Het ging bijvoorbeeld om zeer lichte schedelhersentrauma's in de jeugd of over werkzaamheden in de chemische industrie. Rabbits onderzoek bevestigt van deze veronderstelling: hij liet zien dat schijnbaar geleidelijke vermindering van geheugenfunctie met leeftijd een artefact is van het feit dat oudere leeftijdsgroepen meer slecht presterende individuen bevatte dan jongere groepen, maar ook personen die tot op hoge leeftijd even goed presteerden als jongeren (10). Op grond van het bovenstaande kan worden gesuggereerd dat deze 'uitvallers' in de oudere groepen ook degenen zijn met subtiële gezondheidsproblemen.

Houx, Vreeling en Jolles gebruikten in hun onderzoek personen die volgens algemene maatstaven in het verouderingsonderzoek als volledig gezond te beschouwen zijn. Aangezien er met een rigoreuze gezondheidsscreening bleek dat binnen deze groep van gezonde personen toch een subgroep gekenmerkt kon worden door aanwezigheid van lichte potentieel de gezondheid bedreigende factoren, stelden deze auteurs voor om met betrekking tot deze factoren te spreken van 'Biological Life Events' (BLE). De hypothese is gesteld dat deze BLE mogelijkwijze een determinant of risicofactor voor versnelde cognitieve veroudering zouden kunnen zijn. Per definitie zijn BLE factoren waarvan bekend is dat zij het optimaal hersenfunctioneren kunnen verminderen, anders dan ernstiger condities zoals hersentrauma, een psychiatrische ziekte met cognitieve stoornissen, of dementie. Momenteel bestaat nog geen consensus over deze factoren. Voorbeelden van BLE zijn: (herhaald) zeer licht hersentrauma, enkele malen een kortere operatie onder algehele anaesthesie, of intoxicatie.

In het voorliggend rapport worden enkele van de meest centrale bevindingen in het betreffende onderzoek beschreven en wel op een subpopulatie van 112 personen uit het gehele onderzoek dat bestond uit 247 personen (150 volledig gezond en 97 met BLE). Centrale hypothese was dat er weinig of geen geheugenachteruitgang zou zijn in successievelijk leeftijdsgroepen van 20 tot 80 jaar, die niet gekarakteriseerd zijn door een BLE. Bovendien werd verondersteld dat de gemiddelde prestatie minder is bij personen bij wie er wél sprake was van BLE, en dat deze prestatievermindering geprononceerder wordt in oudere leeftijdsgroepen. Deze hypothesen staan haaks op de gangbare opvatting dat geheugenvermindering met ouder worden een normale en onvermijdbare metgezel is van ouderdom.

### **Materiaal en methoden**

Proefpersonen. De gegevens van 112 proefpersonen worden gepresenteerd; deze waren verdeeld in 7 aparte leeftijdsgroepen met een leeftijd van 20 tot en met 80 jaar ( $20 \pm 2$ ,  $30 \pm 2$ , etc.). Binnen elke groep waren de proefpersonen gebalanceerd voor sexe en opleidingsniveau. Een zeer grondige screening voor BLE vond plaats zowel voorafgaand aan als gedurende het werkelijke onderzoek: de proefpersonen hadden subjectief hun gezondheid beoordeeld door een vragenlijst in te vullen over algemene gezondheid en in het bijzonder her-

senfunctie (bijvoorbeeld dementie, trauma, intoxicatie, hypoxie, ischemie). Diegenen die iets ooit hadden ondergaan waarover consensus bestaat is dat het hersenfunctioneren beïnvloed wordt (bijv. CVA), werden uitgesloten. Zo waren alle proefpersonen volgens de gangbare maatstaven in het verouderingsonderzoek normaal en gezond. Gedurende het onderzoek werden de proefpersonen geïnterviewd over BLE door een ervaren neuroloog.

BLE-criteria. De volgende BLE werden beschouwd als criteria om proefpersonen toe te wijzen aan een aparte BLE groep:

1. behandeling in heden of verleden door neuroloog voor lichte hersenziekte zonder evidente cognitieve beperkingen (epilepsie, migraine, meningitis);
2. behandeling in heden of verleden voor ziekten met een mogelijke impact op de hersenen (bijv. nierdysfunctie of hypertensie);
3. meer dan drie schedel-hersentrauma's, of één amnesie van meer dan een uur;
4. meer dan driemaal een algehele anaesthesie of één die meer dan drie uur duurde;
5. medicatie die het rijden of bewustzijn beïnvloedt;
6. zwaar alcoholgebruik, bijv. meer dan 35/21 glazen per week voor mannen/vrouwen resp.;
7. andere neurotoxische factoren, bijv. chronische blootstelling aan organische oplosmiddelen;
8. minder dan 5 jaar geleden behandeling voor psychiatrische problemen;
9. perinatale complicaties of ontwikkelingsproblemen in de vroege jeugd.

Wanneer een proefpersoon één of meerdere van deze factoren had ondergaan werd hij/zij toegewezen aan de BLE-groep. Zo waren er in elke leeftijdsgroep 8 subjecten die een BLE hadden ondergaan en 8 subjecten waarbij dit niet het geval was. Alle subjecten werden betaald voor hun bijdrage aan het onderzoek.

Neuropsychologische tests. Experimentele gegevens in dit artikel betreffen verschillende geheugen-functies:

1. visueel en auditief korte termijn geheugen: Block Span en Digit Span;
2. snelheid van het geheugen-zoekproces en sensomotorische verwerking; papier-en-potlood geheugen-vergelijkingstaak;
3. consolidatie en retrieval in het verbaal geheugen: een woorden-leertaak waarbij onmiddellijke en uitgestelde herinnering en herkenning gemeten wordt;
4. lezen, kleur benoemen en kleur-woord interferentie (Stroop-test).

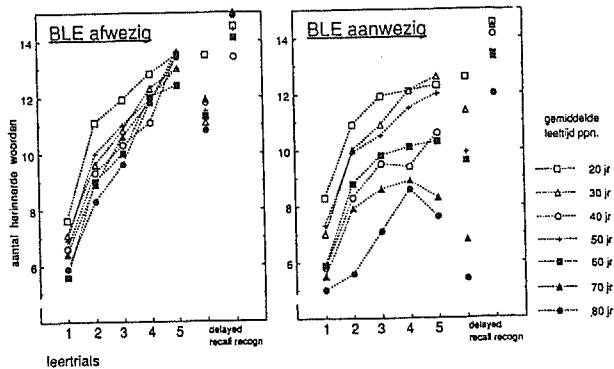
Procedure. Gezondheidsscreening en tests waren deel van de gestandaardiseerde procedure die ongeveer twee uur in beslag nam. Een uitgebreid neurologisch onderzoek met speciale nadruk op pathologische en primitieve reflexen vond plaats. Andere testonderzoeken zijn ook afgenomen; deze worden elders beschreven.

## Resultaten

Figuur 1 laat de prestatie van het geheugenzoek-taak zien. De proefpersonen

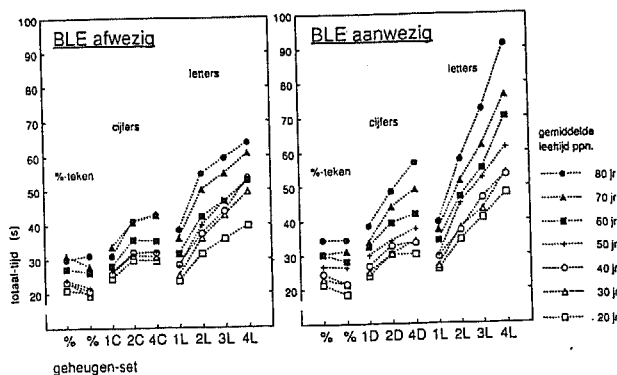
moesten een set van 1 tot 4 items onthouden. De tijd, nodig om 24 doelitems op een vel met 120 afleidende items (steeds letters) door te strepen, werd afgezet tegen het aantal verschillende items dat moest worden onthouden. Op deze manier kan de snelheid van cognitieve verwerking in relatie tot de geheugenbelasting worden vastgesteld. Wanneer het doelitem het teken '%' is, is de geheugenbelasting verwaarloosbaar. Cijfers leggen weinig belasting op het geheugen aangezien ze makkelijk te onderscheiden zijn van de afleidende letters.

figuur 1



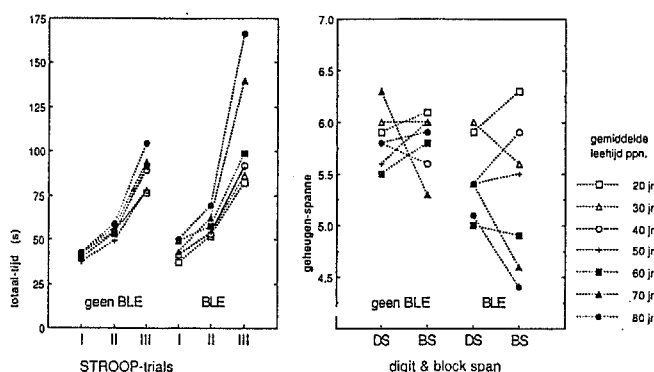
Elke successieve leeftijdsgroep had meer tijd nodig om alle '%' tekens weg te strepen ( $F[6,96]=10.03$ ,  $p<.01$ ), wat aangeeft dat waarnemings- en motorische processen langzamer waren in alle oudere subjecten. De onderverdeling gebaseerd op BLE was niet statistisch significant ( $F[1,96]=2.97$ ,  $p<.1$ ). Het wegstrepen van cijfers was ook langzamer in alle ouderen ( $F[6,96]=13.68$ ,  $p<.001$ ). Bovendien hadden de BLE subjecten nog meer tijd nodig ( $F[1,96]=8.33$ ,  $p<.01$ ). Bovendien was het effect van geheugenbelasting groter bij ouderen ( $F[6,96]=3.06$ ,  $p<.01$ ), en in de BLE groep ( $F[1,96]=5.10$ ,  $p<.01$ ). Wanneer de doelitems letters waren, en dus de geheugenbelasting het grootst was, werd ditzelfde patroon weer gevonden, maar nog duidelijker. Het voorkomen van BLE en leeftijd bleek zelfs significant te interacteren met geheugenbelasting: met toenemende geheugenbelasting en leeftijd werd de prestatie langzamer, en nog langzamer als er BLE in het spel waren.

figuur 2



De testprestatie op de verbale leertest wordt grafisch weergegeven in figuur 2. Een lijst van 15 éénlettergrepige woorden wordt in 5 opéenvolgende leertrials aangeboden, waarbij steeds onmiddellijke vrije recall wordt getest. De uitgestelde vrije recall wordt onderzocht na 20 minuten, gevolgd door een herkenningstrial waarbij de woorden moeten worden geïdentificeerd tussen 15 andere. Het blijkt dat de leeftijd significant de prestatie bepaalt op alle 5 leertrials ( $F[6,98]=9.87$ ,  $p<.001$ ), evenals BLE ( $F[1,98]=24.21$ ,  $p<.001$ ). Ook was er interactie tussen leeftijd en BLE ( $F[6,98]=3.16$ ,  $p<.01$ ), wat aangeeft dat de leeftijd-gerelateerde achteruitgang van geheugenprestaties verder versterkt wordt door BLE. Proefpersonen in de BLE groep bleken minder te profiteren van herhaalde presentatie van de woorden ( $F[4,392]=16.40$ ,  $p<.001$ ). De groep zonder BLE vertoonde nauwelijks leeftijd-gerelateerde achteruitgang van de maximale trialscore, terwijl de oudere BLE-subjecten wél sterk achteruit gingen ( $F[1,98]=130.73$ ,  $p<.001$ ), en dit effect interacteerde met leeftijd ( $F[6,98]=10.10$ ,  $p<.001$ ), wat betekent dat de oudere BLE-subjecten veel minder geheugencapaciteit hebben dan de corresponderende BLE-vrije leeftijdsgroepen. Hun vermogen om items na 20 minuten te herinneren was ook sterk gereduceerd (hoofdeffect:  $F[1,98]=155.57$ ,  $p<.001$ ; interactie  $F[6,98]=17.93$ ,  $p<.001$ ). De uitgestelde herkenning was alleen bepaald door de leeftijd als er BLE in het spel waren (hoofdeffect:  $F[1,98]=7.13$ ,  $p<.01$ ; interactie:  $F[6,98]=4.25$ ,  $p<.01$ ).

figuur 3



Figuur 3 links geeft de auditieve en visuele geheugenspanne weer. Analyse toonde aan dat er effecten waren van een leeftijdsgroep ( $F[6,97]=2.97$ ,  $p<.05$ ) en BLE ( $F[1,98]=4.46$ ,  $p<.05$ ). Er was geen interactie tussen deze twee hoofdeffecten. Niet alleen geheugen-gerelateerde tests vertoonden effecten van leeftijd of BLE. Leeftijd en BLE lieten grote en significante hoofd- en interactie-effecten zien op de Stroop-test (rechts). Bovendien gold hetzelfde voor de gevoeligheid voor kleur-woord-interferentie (hoofdeffect van leeftijd:  $F[6,97]=11.52$ ,  $p<.001$ , BLE  $F[1,97]=22.58$ ,  $p<.001$ , en interactie:  $F[6,97]=4.12$ ,  $p<.001$ ).

## Discussie

Er blijkt een zeer klein, maar systematisch cross-sectioneel effect te zijn van toenemende leeftijd in bijna alle aspecten van geheugen die werden bestudeerd in de proefpersonen die vrij waren van Biological Life Events (BLE). De onmiddellijke geheugenspanne is iets gereduceerd; hetzelfde geldt voor de snelheid en het gemak van geheugen-zoekprocessen (waaronder waarnemings- en motorische processen), de verbale geheugenprestatie gedurende herhaalde itempresentatie, de uitgestelde herinnering van nieuw geleerde informatie, en de consolidatie in het geheugen. Een belangrijke uitzondering is de maximale prestatie na herhaalde aanbidding. Wanneer gezonde ouderen tijd en krijgen om door herhalen te oefenen, dan presteren ouderen bijna net zo goed als jong-volwassenen. Deze gegevens zijn strijdig met de opvatting dat er een homogene achteruitgang van cognitieve prestatie is in de hele oudere populatie. Alle leeftijd-gerelateerde prestatieverminderingen waren substantieel groter in de BLE leeftijdsgroepen. Echter, dit groepeffect van BLE was al zichtbaar in jongere proefpersonen, soms zelfs op het 20e of het 30e jaar. De interactie tussen de effecten van leeftijd en BLE was niet beperkt tot geheugenfuncties. Interferentiegevoeligheid vertoonde een soortgelijk patroon, net zoals verschillende andere aspecten van cognitief functioneren.

Dit impliceert dat gezondheidsscreening vereist is in experimenteel onderzoek met normale en daarom - naar verwachting - gezonde oudere vrijwilligers. In oudere BLE- proefpersonen leek de globale achteruitgang en cognitieve prestatie op de dysfuncties die gevonden worden in een beginnende dementie. Dit wordt het best geïllustreerd met de bevinding dat er een incomplete geheugenconsolidatie is, uitsluitend in de oudere BLE groepen. Enkele van de eerder geleerde items werden zelfs niet herkend, hetgeen een vaak voorkomende bevinding is bij dementerende patiënten. Er wordt dus gesuggereerd dat BLE kunnen bijdragen aan het verschijnen van dementie en dat in latere stadia van het leven. Zoals boven gesteld, was bij geen van de proefpersonen een a priori waarschijnlijkheid van cognitieve functies die te wijten zijn aan een duidelijk hersenletsel of aan dementie. De geobserveerde groepsverschillen moeten daarom worden toegeschreven aan BLE in plaats van aan enigerlei ziekte of aan fysiologische veroudering. BLE zou dus een risicofactor voor ontwikkelende dementie kunnen zijn. Dit is consistent met de bevindingen van Amaducci et al. die een aantal risicofactoren identificeerden voor het klinisch diagnostiseren van de ziekte van Alzheimer (11). Momenteel wordt een vervolgonderzoek gepland met dezelfde groep proefpersonen. De hypothese is dat de proefpersonen met BLE meer cognitieve achteruitgang zullen vertonen en dat de incidentie van dementie het hoogst zal zijn in de BLE-groepen.

## Implicaties

Het fundamenteel wetenschappelijk belang van dit onderzoek betreft een nieuw inzicht in de gerontologie: processen, tot nog toe toegeschreven aan puur fysiologische veroudering, blijken veeleer toe te schrijven aan gezond-

heid-gerelateerde factoren. Dit zou een sterk argument zijn voor de zogenaamde 'new gerontology', zoals geformuleerd in het kader van EURAGE programma.(11) Dit stelt dat afname van menselijke functie met de leeftijd ten onrechte als wetmatigheid wordt gezien. Tot nu toe zijn aanwijzingen hiervoor gevonden met betrekking tot lichamelijke functies (zoals de immuunrespons), echter nooit met betrekking tot psychologische processen. Een tweede fundamenteel wetenschappelijk belang heeft te maken met het feit dat factoren die tot nu toe gezien werden als 'onbelangrijk' of 'zeer licht' toch een invloed hebben op cognitieve functies. Indien prestatievermindering inderdaad - mede - tot stand komt door al dan niet omgevingsbepaalde gezondheidsfactoren, zal veel tot dusverre gepubliceerd verouderingsonderzoek moeten worden herbezien, aangezien onvoldoende rekening is gehouden met die andere factoren. Voorts zouden de onderzochte factoren een risicofactor voor versnelde cognitieve veroudering kunnen blijken te zijn. Een praktische implicatie van dit onderzoek ligt in de aanscherping en verdere uitwerking van de criteria voor gezond, of sub-optimaal gezond. Wanneer de verwachtingen ten aanzien van de interactie tussen de determinanten en veroudering worden bevestigd, heeft dit ook implicaties voor de preventie van cognitieve achteruitgang. Leefwijze en medische behandeling van veel individuen in een normale populatie zou waar mogelijk op een aantal punten drastisch moeten worden herzien, vooral wanneer zij 'uit de risicogroep' willen blijven. Te denken valt daarbij aan alcoholgebruik, arbeidsomstandigheden, veiligheid in sport en verkeer, medicijngebruik en anaesthesiebeleid.

### Literatuur

1. Poon L.W. Differences in human memory and aging: Nature, causes and clinical implications. In: J.E. Birren, K.W. Schaie, eds. *Handbook of the psychology of Aging* (2nd ed). New York, 1985: Van Nostrand Reinhold: 427-62.
2. Jolles J. Cognitive, emotional and behavioral dysfunctions in aging and dementia. In: D.F. Swaab, E. Fliers, M. Mirmiran, W.A. Van Gool, F. Van Haaren, eds. *Progress in brain research*, 70. Amsterdam, 1986: Elsevier Science Publishers, 15-39.
3. Botwinick J. Neuropsychology of aging. In: S.B. Filskov, T.J. Boll, eds. *Handbook of clinical neuropsychology*. New York, 1986: John Wiley, 135-71.
4. Arenberg D., Robertson-Tchabo E.A. Learning and aging. In: JE Birren, KW Schaie, eds. *Handbook of the psychology of aging*. New York, 1977: Van Nostrand Reinhold: 421-49.
5. Haxby J.V., Grady C.L., Duara R., Robertson-Tchabo E.A., Koziarz B., Cutler N.R., Rapoport S.I. Relations among age, visual memory, and resting cerebral metabolism in 40 healthy men. *Brain & Cognition* 1986; 4: 412-27.
6. Houx P.J., Vreeling F.W., Jolles J. Age-associated cognitive decline is related to biological life events. In: K. Iqbal, D.R.C. McLachlin, B. Winblad, H.M. Wisniewski, eds. *Alzheimer's disease: basic mechanisms, diagnosis and therapeutic strategies*. Chichester, 1991: John Wiley and Sons Limited: in



- press.
7. Houx P.J., Vreeling, F.W., Jolles J. Risk factors for age- associated cognitive decline. In: R.J. Wurtman, S.H. Corkin, J.H. Growdon, E. Ritter-Walker, eds. Alzheimer's disease. Proceedings of the fifth meeting of the international study group on the pharmacology of memory disorders associated with aging. Cambridge, USA: Center for Brain Sciences and Metabolism Charitable Trust, 1989: 413-7
  8. Houx P.J., Vreeling, F.W., Jolles, J. Rigorous health screening reduces age effects on Memory Scanning task. *Brain & Cognition*, 1991: in press.
  9. Salthouse T.A., Mitchell D.R. Structural operational capacities in integrative spatial ability. *Psychology and Aging* 1989; 4: 18-25.
  10. Rabbitt, P.M. Development of methods to measure changes in activities of daily living in the elderly. In: S. Corkin, K.L. Davis, J.H. Growdon, E. Usdin, R.J. Wurtman, eds. Alzheimer's disease: a report of progress in research. New York, 1982: Raven Press: 127-31.
  11. Amaducci L.A., Fratiglioni L., Rocca W.A. Risk factors for clinically diagnosed Alzheimer's disease: a case-control study of an Italian population. *Neurology* 1986; 36: 922-31.
  12. Ligthart G.J. the immune system in human aging: necessity of the assessment of health status in gerontological studies. State University of Leiden, 1989.

Drs. P.J. Houx  
Afdeling Neuropsychologie & Psychobiologie en Afdeling Neurologie  
Rijksuniversiteit Limburg  
postbus 161  
6200 MD Maastricht.

#### Legenda bij figuren

Figuur 1. Geheugen-zoeksnelheid. De prestatie op een papier- en-potlood geheugen-zoektaak in zeven leeftijdsgroepen en subjects die wel (rechts) of niet (links) een BLE hebben ondergaan. Langs de absis staan het aantal en de aard van de verschillende doelitems die moeten worden herinnerd en daarna uitgestreept: % (twee trials), 1/2/4 cijfers en 1/2/3/4 letters. Elke pagina bevat 24 target-items tussen 120 distractor-items.

Figuur 2. Onmiddellijke en uitgestelde herhaalde vrije recall woorden. De herhaalde vrije recall van 15 woorden na 5 herhaalde presentaties in zeven leeftijdsgroepen met of zonder BLE. Niet door lijnen verbonden zijn uitgestelde herinnering en herkenning na 20 minuten.

Figuur 3. Stroop prestatie- en geheugspan. Links wordt weergegeven de prestatie op drie opeenvolgende trials van de Stroop test (links) wat met de snelheid van het lezen van woorden (I), het noemen van kleuren (II), en kleur-woord interferentie (III). Rechts wordt weergegeven het onmiddellijke span voor auditief en voor visueel geheugen getest met Digit en Block Span. Beide grafieken geven zeven leeftijdsgroepen weer met BLE aan- of afwezig.